

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 23320111153141

UDC_____

厦门大学

硕士学位论文

北斗导航接收机捕获技术
研究与设计

The Research and Implementation of the Acquisition
Technique in BeiDou Navigation Receiver

林 嵩

指导教师姓名: 欧 钢 教授

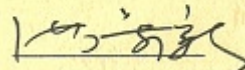
石江宏 教授

专业名称: 通信与信息系统

论文提交日期: 2014 年 4 月

论文答辩时间: 2014 年 5 月

学位授予日期: 2014 年 6 月

答辩委员会主席: 

评 阅 人: _____

2014 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在(ATR)实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名): 林嵩

2014年05月16日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

() 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

(☒) 2. 不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名)：林嵩

2014年 05月 16 日

摘要

随着北斗二代卫星导航系统的成功组网并投入使用,对能够支持北斗二代卫星导航系统的用户端导航定位设备的研发需求也日益迫切。由于北斗二代卫星导航系统的 B1 信号中引入了二次编码调制技术,在提高互相关性能的同时也给卫星信号的捕获方法带来了挑战,NH 码的调制使得每间隔 1ms 就有可能产生符号位跳变,这就限制了 B1 信号的相干积分时长,严重影响了北斗二代卫星 B1 信号的捕获性能,因此本文应用了定长相干积分遍历/非遍历的并行码相位搜索的粗捕获算法,实现了对北斗二代卫星 B1 信号的长时间相干积分捕获,提高了 B1 信号的捕获性能。粗捕获得到的载波频率估计精度通常无法满足跟踪环路的要求,需进行精细频率捕获,本文针对 B1 信号的特点,提出基于频域插值的载波频率估计算法,在粗捕获之后,对 B1 信号进行精频捕获,改善载波频率估计精度。

本文首先对北斗二代卫星 B1 信号的结构进行分析,针对 NH 码的自身特点设计了定长相干积分遍历的并行码相位搜索算法,然后对该算法进行了仿真,仿真结果验证了该算法的正确性,在相干积分长度为 4ms 的情况下,可以捕获载噪比为 $37\text{dB}\times\text{Hz}$ 的 B1 信号。接着针对该算法计算量较大的缺点进行了改进,提出了定长相干积分非遍历的并行码相位搜索算法,以牺牲一定的捕获性能为代价减小计算量,并仿真了不同搜索次数算法在最差情况下的捕获性能。

其次,粗捕获得到的载波多普勒频率精度较低,需要进行精频捕获,针对 B1 信号的精频捕获问题,本文提出基于频域插值的载波频率估计算法,并对该算法进行仿真,仿真结果显示该算法成功改善了低信噪比环境下载波多普勒频率的估计精度。本文还使用模拟器产生的 B1 信号对基于频域插值的载波频率估计算法进行测试,验证该算法对于改善低信噪比环境下载波频率估计精度的有效性。

最后本文对于定长相干积分 20 次搜索遍历/10 次搜索非遍历的并行码相位搜索的粗捕获算法在 FPGA 平台上进行了硬件实现,并使用了三个不同场景的真实北斗二代卫星 B1 信号进行测试,验证了硬件实现的正确性。

关键词: 北斗二代卫星导航系统; 定长相干积分遍历/非遍历; 并行码相位搜索; 精频捕获; 频域插值; 汉宁窗;

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

With China's BeiDou 2nd Generation Satellite Navigation System putting into use, it is urge to develop user device which support BeiDou 2nd Generation System. Secondary code modulation techniques have been introduced into BeiDou 2nd Generation System, it helps improving cross-correlation performance, but it also challenge the signal acquisition algorithm. The NH codes modulated on B1 signal which has possible bit sign reversal every 1millisecond restricts the coherent integration time down to 1ms. This, in turn, significantly affects the acquisition performance. To solve this problem, Fixed-length coherent integration traverse/non-traverse algorithm based on parallel code phase searching is proposed in this paper, it can perform a long time coherent integration acquisition on B1 signal and greatly improve the acquisition sensitivity. After the coarse acquisition, the doppler frequency estimation achieved can't meet the demand of the tracking loop, so a fine frequency acquisition module is needed, this paper proposed a carrier frequency estimation algorithm based on interpolated DFT, it can improve the frequency estimation accuracy.

Firstly, in this paper, we made analysis of B1signal's structure, the Fixed-length coherent integration traverse algorithm based on parallel code phase search is then proposed, and simulation is perform and the result show that this algorithm functions successfully, when the coherent integration length is 4ms, the acquisition sensitivity can achieve 37dB • Hz. Then this paper proposes Fixed-length coherent integration non-traverse algorithm based on parallel code phase search in order to reduce the computing load at the cost of sacrificing the acquisition performance simultaneously. Then simulations under different search times have been performed.

The frequency estimation accuracy achieved after the coarse acquisition can not meet the demand of tracking loop. In order to improve the frequency estimation accuracy, a carrier frequency estimation algorithm based on interpolated DFT is proposed, the simulation result shows that this algorithm can successfully improve the

estimation accuracy in low SNR circumstance. B1 signal generated from the signal generator is used to test the performance of frequency estimation algorithm, the result shows that this algorithm is effective.

At last, Fixed-length coherent integration traverse/non-traverse algorithm based on parallel code phase search is implemented on FPGA platform, real B1 signal of three different scenes has been used for test, and the test result shows that the implementation is correct.

KEY WORDS: BeiDou 2nd Generation Satellite Navigation System; Fixed-length coherent integration traverse/non-traverse algorithm; parallel code phase search; fine frequency acquisition; interpolated DFT; Hanning Window;

目录

摘要.....	I
Abstract.....	III
目录.....	V
Contents.....	IX
第一章 绪论	1
1.1 北斗卫星导航系统简介.....	1
1.1.1 北斗一代卫星定位系统.....	1
1.1.2 北斗二代卫星导航系统.....	2
1.1.3 北斗二代卫星导航系统系统组成.....	2
1.1.4 导航接收机组成.....	3
1.2 课题产生背景及国内外研究现状.....	4
1.2.1 课题的产生背景.....	4
1.2.2 国内外研究现状.....	5
1.3 本文研究的主要内容.....	7
1.4 本文的基本结构.....	8
第二章 北斗二代卫星 B1 信号粗捕获算法	9
2.1 北斗二代卫星 B1 信号结构.....	9
2.2 卫星信号捕获原理与算法.....	12
2.2.1 卫星信号的捕获原理.....	12
2.2.2 并行码相位搜索算法.....	14
2.2.3 其他捕获算法.....	17
2.2.4 提高信噪比的方法.....	20
2.3 基于 DFT 的数据累加方法.....	24
2.4 遍历/非遍历搜索算法.....	26

2.5	性能仿真	29
2.6	本章小结	37
第三章	北斗二代卫星 B1 信号载波频率估计算法.....	38
3.1	精频捕获的基本算法	38
3.1.1	基于 FFT 的频率搜索算法	38
3.1.2	缩小步长二分搜索算法	38
3.1.3	相位检测算法	40
3.1.4	数值逼近算法	40
3.1.5	频偏比特边界联合估计算法	41
3.2	基于频域插值的载波频率估计算法	42
3.2.1	符号位跳变消除	43
3.2.2	MRife 频域插值算法.....	44
3.2.3	最小旁瓣窗	48
3.2.4	频域加窗插值算法	51
3.3	改进的北斗卫星信号的载波频率估计算法的性能仿真.....	54
3.4	实际信号测试	59
3.5	本章小结	60
第四章	北斗二代导航接收机捕获模块的设计与实现.....	62
4.1	北斗二代卫星导航接收机 FPGA 验证平台介绍	62
4.1.1	FPGA 简介与设计流程介绍.....	62
4.1.2	双模导航基带信号处理的 FPGA 验证平台介绍	64
4.2	北斗二代卫星 B1 信号捕获模块硬件设计	65
4.3	硬件验证平台	71
4.4	实验与分析	72
4.5	本章小结	77
第五章	结论	78
5.1	全文总结及主要贡献	78
5.2	未来的研究方向	79

参考文献.....	80
致谢.....	83
攻读硕士学位期间发表的论文及参与的科研项目.....	84

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Abstract in Chinese	I
Abstract in English.....	III
Contents in Chinese	V
Contents in English	IX
Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Introduction of BeiDou Satellite Navigation System	1
1.1.1 BeiDou I Satellite Navigation System	1
1.1.2 BeiDou II Satellite Navigation System.....	2
1.1.3 BeiDou II Satellite Navigation System Structure	2
1.1.4 Navigation Receiver Structure	3
1.2 Research Backgrounds and Significance	4
1.2.1 Research Backgrounds.....	4
1.2.2 Overview of Other Research Methods.....	5
1.3 Research Contents	7
1.4 Organization of the Dissertation.....	8
Chapter 2 Coarse Acquisition Method of B1 Signal.....	9
2.1 Structure of B1 Signal	9
2.2 Principle and Algorithm of Signal Acquisition	12
2.2.1 Principle of Signal Acquisition	12
2.2.2 Algorithm of Parallel Code Phase Search	15
2.2.3 Other Acquisition Algorithm	17
2.2.4 Methods of Improving Acquisition Performance	20
2.3 Data Accumulation Method based on DFT	24
2.4 Traverse/Non-traverse Algorithm.....	26

2.5	Simulation.....	29
2.6	Summary.....	37
Chapter 3 Frequency Estimation Algorithm of B1 Signal.....		38
3.1	Overview of Carrier Frequency Estimation Methods.....	38
3.1.1	Frequency Search Algorithm based on FFT	38
3.1.2	Binary Search Algorithm	38
3.1.3	Phase Detection Algorithm	40
3.1.4	Digital Approximation Algorithm	40
3.1.5	Joint Estimation Algorithm of Frequency and Data Edge	41
3.2	Frequency Estimation Algorithm based on Interpolated DFT.....	42
3.2.1	Sign Reversal Cancellation	43
3.2.2	MRife Algorithm	44
3.2.3	Minimum Sidelobe Window	48
3.2.4	Window-added and Interpolated DFT Algorithm.....	51
3.3	Simulation.....	54
3.4	Test	59
3.5	Summary.....	61
Chapter 4 Design & Implementation of Acquisition Module		62
4.1	Introduction of FPGA Verification Platform.....	62
4.1.1	Introduction of FPGA Design Flow.....	62
4.1.2	Introduction of Verification Platform	64
4.2	Hardware Design of Acquisition Module.....	65
4.3	Hardware Verification Platform	71
4.4	Experiment and Analysis	72
4.5	Summary.....	77
Chapter 5 Conclusion		78
5.1	Conclusions and Contributions	78
5.2	Suggestions for Future Work.....	79

Reference.....	80
Acknowledgement	83
Published Paper and Research during Pursuing Master Degree.....	84

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”. Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库